Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 1, Spring 2020, p. 35-45

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۴۵-۳۵

تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری فیزیکی و بیولوژیکی بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای دانه‌ی ذرت

حسین اصغر حسین زاده[۱]، فریبا فریور[۲]*، جواد بیات کوهسار[۲] و فرزاد قنبری[۲]

تاریخ دریافت : ۱۳۹۷/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۸

چکیده

مطالعه‌ای به‌منظور تعیین ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری ماده خشک در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار شامل: ۱) دانه ذرت بدون عمل‌آوری (شاهد)، ۲) دانه‌ی ذرت فلیک شده با بخار، ۳) فلیک+مخمر، ۴) دانه‌ی ذرت مایکروویو شده، ۵) فلیک+ مایکروویو، ۶) فلیک+مخمر+مایکروویو انجام شد. اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد تجزیه تقریبی انجام شد. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای این تیمارها با روش کیسه‌های نایلونی با استفاده از سه رأس قوچ بالغ دالاق تعیین شد. نتایج این آزمایش نشان داد که فرآیند مایکروویو به تنهایی و یا همراه با سایر روش‌های عمل‌آوری منجر به افزایش مقادیر ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی، الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی، کل مواد مغذی قابل‌هضم، انرژی خالص رشد و انرژی خالص شیردهی شد و بیشترین مقادیر در تیمار ۶ مشاهده شد. مقایسه خصوصیات تجزیه‌پذیری تفاوت معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف نشان نداد، هرچند بخش سریع‌التجزیه و کند تجزیه در تیمار ۶ تفاوت قابل توجه غیر معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت بدین ترتیب که پایین‌ترین مقدار بخش سریع‌التجزیه و و بالاترین مقدار بخش کند تجزیه در این تیمار مشاهده شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی دانه ذرت مؤثر هستند؛ هر چند بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری تأثیر معنی‌داری نداشتند و ترکیب روش‌های عمل‌آوری فلیک+مخمر+مایکروویو می‌تواند در بهبود ارزش تغذیه‌ای دانه ذرت مؤثرتر از روش‌های دیگر باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای، دانه‌ی ذرت، ساکارومایسس سرویزیه، عمل‌آوری، مایکروویو.

مقدمه

دانه‌ی ذرت یکی از مهمترین غلات است که به‌واسطه فراوانی نشاسته (۷۳ درصد)، منبع عالی انرژی قابل‌هضم به‌شمار می‌آید. با اینکه نشاسته موجود در غلات، در دستگاه گوارش نشخوارکنندگان از قابلیت هضم کاملی برخوردار نیست، ولی مهم‌ترین کربوهیدراتی است که به‌عنوان منبع انرژی برای نشخوارکنندگان شناخته شده است (۵).

در تغذیه‌ی نشخوارکنندگان، فرآورده‌های تخمیری حاصل از هضم دانه‌های غلات، شاخص مهمی در شناخت ارزش تغذیه‌ای آن‌ها به شمار می‌رود، عمل‌آوری فیزیکی یا شیمیایی آن‌ها می‌تواند بر مکان هضم نشاسته در دستگاه گوارش و تأمین پروتئین میکروبی اثر گذاشته و تأثیر مهمی بر شرایط تخمیر در شکمبه داشته باشد. این امر از طریق اثر بر pH، تولید اسیدهای چرب فرار و فرآیند تجزیه‌ی سلولز در شکمبه می‌تواند بر مصرف خوراک و تولید دام تأثیری بسزایی داشته باشد (۲۱). قابلیت هضم دانه‌های غلات در شکمبه و روده، متغیر است. نشاسته‌ی موجود در ذرت نسبت به دیگر دانه‌ها، در شکمبه به‌آرامی هضم شده و اگر در سطوح بالایی به حیوان خورانده شود، مقداری از نشاسته به روده کوچک منتقل و در آنجا هضم شده و به شکل گلوکز جذب می‌شود (۲۷).

در مقایسه با دانه‌ی جو، ذرت از نرخ تجزیه‌پذیری پایین‌تری در شکمبه برخوردار می‌باشد (۳۲). رینولدز و همکاران (۳۷) گزارش کردند که افزایش عبور نشاسته به روده‌ی باریک باعث بهبود عملکرد گاو می‌شود. در سال‌های اخیر، عمل‌آوری‌های مختلفی به‌منظور تعدیل نرخ تجزیه‌پذیری نشاسته‌ی ذرت در شکمبه پیشنهاد شده است. هدف از عمل‌آوری غلات بهینه نمودن فرآیند تخمیر، تجزیه‌پذیری و هضم نشاسته در بخش‌های مختلف دستگاه گوارش، کاهش خطر ابتلا به اسیدوز شکمبه‌ای و افزایش میزان ورود

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
۲- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس
(*-ایمیل نویسنده مسئول: fariba_farivar@yahoo.com)
DOI:10.22067/ijasr.v12i1.78492

غلات قابل تخمیر هضم نشده به بخش‌های انتهایی دستگاه گوارش است (۲۵). برای عمل‌آوری دانه‌ی غلات روش‌های مختلفی وجود دارد که ازجمله می‌توان روش‌های فیزیکی (مانند پلت کردن، برشته کردن، حرارت دادن، فلیک کردن)، روش‌های شیمیایی (مانند تیمار با هیدروکسید سدیم، فرمالدئید، آمونیاک، اوره) و روش‌های بیولوژیکی (مانند استفاده از آنزیم‌های فیبرولایتیک) اشاره کرد. ترکیبات شیمیایی که برای عمل‌آوری غلات استفاده می‌شوند، عموماً برای انسان و حیوان سمی بوده و در بسیاری از کشورها استفاده از آن‌ها ممنوع شده است (۱۱).

در ارتباط با استفاده از روش‌های مختلف عمل‌آوری فیزیکی مطالعات زیادی انجام شده است. کرونا و همکاران (۷) گزارش کردند که درصد نشاسته در مدفوع گوساله‌هایی که با دانه‌ی ذرت فلیک شده تغذیه شدند، نسبت به دانه‌ی ذرت کامل، دانه‌ی خشک غلطک زده‌شده و دانه‌ی آسیاب شده حدوداً ۹۵ درصد کمتر بود و راندمان استفاده از خوراک برای افزایش وزن نیز به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه‌های دیگر بالاتر بود. میزان انرژی خالص ذرت برای نگهداری و رشد نیز در تیمار فوق نسبت به سایر گروه‌ها افزایش یافت.

اخیراً، از امواج مایکروویو به‌عنوان یک روش فیزیکی برای عمل-آوری دانه‌ی غلات استفاده شده است. امواج مایکروویو از نوع الکترومغناطیسی غیر یونیزه بوده که انرژی آن‌ها به‌سرعت به مولکول‌های ماده خوراکی منتقل شده و با تولید حرارت باعث عمل-آوری نمونه می‌شود (۲۲). به‌نظر می‌رسد پرتوتابی مایکروویو می-تواند در عمل‌آوری غلات، نقش بسزایی ایفا نماید، چون از یک‌سو فرآوری یکنواخت و قابل‌کنترلی را ارائه می‌دهد و از سویی دیگر در مقایسه با روش‌های متداول عمل‌آوری غلات، موجب صرفه‌جویی در وقت نیز می‌شود (۱۴).

کروکا و واگنر (۸) با پرتوتابی دانه‌ی سورگوم با استفاده از امواج مایکروویو، بهبود راندمان خوراک، افزایش وزن و مصرف خوراک را در گاوهای پرواری مشاهده نمودند. گزارش شده است که مایکروویو کردن دانه‌ی کانولای پرچرب به مدت یک دقیقه و سی ثانیه منجر به کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین دانه‌ی کانولا در شکمبه و افزایش تجزیه‌ی آن در روده شد (۴۶).

از روش‌های عمل‌آوری بیولوژیکی متداول می‌توان به عمل‌آوری با انواع مخمرها اشاره کرد. مخمرها دسته‌ای از یوکاریوت‌های تک سلولی و جز پروبیوتیک‌ها می‌باشند. پروبیوتیک‌ها ارگانیسم‌های زنده ای هستند که باعث ایجاد تعادل در جمعیت میکروبی دستگاه گوارش می‌شوند، معروف‌ترین آنها ساکارومایسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) نام دارد که به مخمر نان نیز معروف است (۱۹). دادور و همکاران (۹) نشان دادند که عمل آوری با مخمر ساکارومایسس سرویزیه باعث افزایش مقدار پروتئین خام، الیاف نامحلول در شوینده خنثی، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی، خاکستر خام و تجزیه‌پذیری موثر تفاله لیمو و پرتقال شد و همچنین باعث کاهش مقدار ماده خشک، ماده آلی و قابلیت هضم شد.

اگرچه که تاکنون مطالعات زیادی در خصوص عمل‌آوری دانه غلات به‌روش‌های مختلف انجام شده است، ولی‌مطالعات اندکی در خصوص مقایسه روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ارزش تغذیه‌ای دانه ذرت انجام‌شده است. از این‌رو هدف از انجام این مطالعه مقایسه تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی و فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری دانه‌ی ذرت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه‌ی ذرت بدون عمل‌آوری (شاهد)، ۲) دانه‌ی ذرت فلیک شده با بخار (غلات برای ۱۵ دقیقه یا کمتر جهت افزایش رطوبت در حدود ۱۵ درصد، بخار داده می‌شوند و سپس از بین غلطک‌ها عبور می‌کنند)، ۳) دانه‌ی ذرت تخمیر شده با مخمر ساکارومایسس سرویزیه و فلیک شده ۴) دانه‌ی ذرت مایکروویو شده (باقدرت۸۵۰ وات و به‌مدت ۳ دقیقه)، ۵) دانه‌ی ذرت فلیک و مایکروویو شده و ۶) دانه‌ی ذرت فلیک+مخمر+مایکروویو شده بودند.

دانه‌ی ذرت دندان اسبی (شاهد) از شرکت شادزی پاسارگاد تهیه شد و فلیک کردن (در روش های معمول فلیک تحت فشار بالا از سیستم پخت تحت فشار همراه با بخار مرطوب استفاده می‌شود . فشار وارده به دانه‌ی غلات در حدود ۳ تا ۴ کیلو گرم در هر سانتی متر مربع و به مدت ۳ دقیقه می باشد) نمونه ها نیز توسط همین شرکت انجام گرفت. به‌منظور آماده‌سازی شرایط بهینه‌ی رشد مخمر ساکارومایسس سرویزیه (در این پژوهش مخمر ساکارومایسس سرویزیه با عنوان PTCC 5269 از سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران در ویال‌های سترون تهیه شد بود استفاده شد)، تیمارهای آزمایشی به‌مدت ۲۴ ساعت و به نسبت ۱ به ۲ با آب حاوی ۴ درصد مخمر مخلوط شدند تا رطوبت نسبی معادل ۸۵ درصد برای رشد مخمر فراهم گردد. در نهایت نمونه‌ها در دمای ۳۵ درجه سانتی-گراد در آون قرار داده شدند تا مخمر رشد کند (۹). بعد از عمل‌آوری، نمونه‌ها در آون خشک و ماده خشک آن‌ها تعیین گردید. بعد از آسیاب کردن نمونه‌های عمل‌آوری شده، درصد ترکیبات شیمیایی و میزان تجزیه‌پذیری آن‌ها تعیین شد.

اندازه‌گیری ماده خشک، ماده آلی، پروتئین خام، چربی خام به-روش AOAC (۱) و اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی مطابق با روش ون‌سوست و همکاران (۴۴) انجام شد. مقادیر کل مواد مغذی قابل هضم، انرژی خالص شیردهی، انرژی خالص رشد، کربوهیدرات‌های غیر فیبری، بخش محلول در شوینده‌ی خنثی و کل کربوهیدرات‌های محلول در

شوینده‌ی خنثی به ترتیب با استفاده از روابط ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ برآورد شدند (۳۱).

رابطه‌ی (۱) TDN= (81.38+CP× (0.36-ADF) ×0.77)

رابطه ی (۲) NEL=0.0024+TDN-0.12

رابطه‌ی (۳) NEg=0.0029+TDN-1.01

رابطه‌ی (۴) NFC=100-(CP+EE+NDF+ASH)

رابطه‌ی (۵) NDS=100-NDF

TDN (MJ/Kg):کل مواد مغذی قابل‌هضم، CP (%) : پروتئین خام، ADF (%) : الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی، NE_L(MJ/Kg) : انرژی خالص شیردهی، NE_G (MJ/Kg) : انرژی خالص رشد، NFC (%) : کربوهیدرات‌های غیرالیافی، EE(%) : چربی خام، NDF (%) : الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی ، ASH (%) : خاکستر و NDS (%) : بخش محلول در شوینده‌ی خنثی.

اندازه‌گیری تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک دانه ذرت، با استفاده از تکنیک کیسه‌های نایلونی (قطر منافذ آن‌ها ۴۰ میکرون) انجام شد (۲۹). بدین منظور از سه رأس قوچ بالغ نژاد دالاق دارای فیستولای شکمبه‌ای با میانگین وزن (۲±۴۵ کیلوگرم) استفاده شد. دام‌ها به‌منظور کنترل شرایط آزمایش در قفس‌های انفرادی قرار گرفتند. دام‌ها در سطح نگهداری و در دو وعده‌ی غذایی تغذیه می‌شدند. آب به‌صورت آزاد در اختیار دام‌ها قرار گرفت. کیسه‌های حاوی ۵ گرم نمونه در زمان‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت در شکمبه قرار داده شدند. شروع کیسه‌گذاری تمامی زمان‌ها ۸ صبح بود. بعد از گذشت زمان‌های موردنظر کیسه‌ها از شکمبه خارج و به‌منظور توقف فعالیت میکروارگانیسم‌ها در آب سرد قرارداده شدند. سپس کیسه‌ها با استفاده از ماشین لباس‌شویی شسته شدند. کیسه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک و بلافاصله وزن شد. درصد تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک بقایای دانه ذرت در زمان‌های مختلف انکوباسیون با استفاده از رابطه ۶ تعیین شد:

رابطه‌ی (۶)

تجزیه‌پذیری ماده خشک =(مقدار ماده خشک بعد از انکوباسیون شکمبه‌ای – مقدار ماده خشک قبل از انکوباسیون شکمبه‌ای / مقدار ماده خشک قبل از انکوباسیون شکمبه‌ای)×۱۰۰

برآورد فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری ماده خشک با استفاده از نرم‌افزار SAS (۹/۱) انجام شد (۳۹). بدین منظور از رابطه‌ی ارسکوف و مک‌دونالد برای پردازش داده‌ها استفاده شد (۳۳).

رابطه‌ی (۷) $P=b\,(1-e^{-ct})$

در این معادله، P: پتانسیل تجزیه‌پذیری؛ a: بخش سریع تجزیه؛ b: بخش کند تجزیه؛ e: ثابت نرخ تجزیه و t: مدت‌زمان انکوباسیون شکمبه‌ای می‌باشد.

برآورد مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک دانه ذرت با استفاده از رابطه‌ی پیشنهادی ارسکوف و مک‌دونالد محاسبه شد (۳۳).

$$ERD = a + \left[\frac{b\times c}{c\times k}\right]$$

رابطه‌ی (۸)

در این رابطه، ERD: تجزیه‌پذیری مؤثر و K: نرخ عبور ۰/۵ درصد در ساعت می‌باشد، فراسنجه‌های a، b و c در رابطه ۷ معرفی شدند.

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آزمایش ترکیب شیمیایی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی، و داده‌های حاصل از آزمایش تجزیه‌پذیری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه‌ی ۹/۱) SAS و رویه‌ی GLM انجام شد (۴۰). برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD (P<۰/۰۵) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوطه به تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی دانه‌ی ذرت در جدول ۱ نشان داده شده است. روش‌های مختلف عمل‌آوری تأثیر معنی‌داری بر مقدار ماده خشک و ماده آلی داشت (P<۰/۰۵). مقدار ماده خشک تیمار ۱ (شاهد) ۹۱/۲۱ درصد بود. تیمارهای ۳، ۴، ۵ و ۶ باعث افزایش درصد ماده خشک (به‌ترتیب: ۹۲/۹۳، ۹۸/۷۰، ۹۷/۴۹ و ۹۹/۳۵ درصد) شدند. در مقابل مقدار ماده خشک تیمار ۲ (۸۷/۶۷ درصد)، به‌دلیل بخار دادن در حین فلیک کاهش یافت. کادلک و همکاران (۲۳) افزایش میزان ماده خشک در اثر پرتوتابی را به‌علت خشک شدن اولیه نمونه آزمایشی دانسته‌اند.

تأثیر حرارت دادن در میزان پروتئین خام بستگی به میزان رطوبت دانه و دمای مورد استفاده و مدت زمان عمل‌آوری دارد. حرارت باعث تشکیل کمپلکس پروتئینی با سایر ترکیبات دانه می‌شود (۳). در مقایسه با تیمار ۱، درصد ماده آلی در تیمارهای ۲، ۳ و ۶ افزایش یافت (به‌ترتیب ۹۸/۶۷، ۹۸/۷۸ و ۹۹/۱۱ در مقابل با ۹۸/۴۴ درصد). در تیمارهای ۴ و ۵ ماده آلی (به‌ترتیب ۹۸/۳۳ و ۹۸/۳۳) کاهش یافت.

مقدار پروتئین خام تیمارهای عمل‌آوری شده به‌خصوص تیمارهای عمل‌آوری شده با مایکروویو در مقایسه با تیمار ۱ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵) بیشترین مقدار پروتئین خام مربوط به تیمار ۶ بود (۱۲/۲۶درصد). عنوان شده است که احتمالاً حرارت از طریق دناتوره کردن و تغییر در ساختمان پروتئین، باعث ایجاد اتصالات عرضی بین اسیدهای آمینه و قندها می‌شود و بدین ترتیب محتوی پروتئین خام نمونه افزایش پیدا می‌کند (۱۵). گرانول‌های نشاسته در بخش آندوسپرم شاخی و ماتریکس پروتئینی محصور شده‌اند. به همین علت، عمل‌آوری حرارتی در دمای بالا باعث افزایش پروتئین می‌شود، چرا که باعث گسستن آندوسپرم می‌شود (۳۸). سپهری و همکاران (۴۲) بیان کردند که عمل‌آوری حرارتی دانه

ی سویای خام، باعث افزایش درصد پروتئین خام آن می‌شود. فیمس و همکاران (۱۶) مشاهده کردند که عمل‌آوری با بخار باعث کاهش میزان پروتئین خام جو و گندم می‌شود. افزایش در پروتئین خام ممکن است به‌دلیل ساخت پروتئین میکروبی، ترشح آنزیم‌ها و سایر محصولات بیولوژیکی و همچنین فعالیت پروتئولیتیکی میکروارگانیسم‌ها بر دانه‌ی ذرت باشد (۴۹). دای و همکاران (۱۰) نشان دادند که میزان پروتئین خام دانه‌ی سورگوم عمل آوری شده با مخمر ساکرومایسس سرویزیه از ۹ به ۲۷ درصد افزایش پیدا کرد. علت این افزایش را می‌توان رشد و تکثیر مخمر دانست که باعث افزایش بار پروتئینی دانه‌ها شده است. مخمرها بیشتر مواد سهل-الهضم و لیگنوسلولزی موجود در تفاله را توسط آنزیم‌های خارج سلولی تجزیه کرده و مورد مصرف قرار می‌دهند و به دنبال آن انرژی، پروتئین و دی اکسید کربن تولید می‌کنند (۴۳).

چربی خام در تیمارهای عمل‌آوری به‌طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) کاهش یافت. مهربان و همکاران گزارش کردند که عمل‌آوری حرارتی میزان چربی خام دانه‌ی جو را افزایش می‌دهد اما در هیچ یک از منابع دلیلی مبنی بر افزایش یا کاهش میزان چربی خام در اثر عمل‌آوری حرارتی مطرح نشده است (۲۸). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در تیمارهای ۲ و ۳ مقدار الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی نسبت به شاهد کاهش و در تیمارهای ۴، ۵ و ۶ افزایش یافت. افزایش در مقادیر الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی در اثر عمل‌آوری حرارتی توسط سایر محققین گزارش‌شده است (۱۷ و ۴۱). افزایش الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی و اسیدی می‌تواند به‌علت عدم استفاده مخمر از کربوهیدرات‌های ساختمانی و استفاده از کربوهیدرات‌های سهل‌الهضم و غیر ساختمانی باشد. این نتایج با آزمایش اسکرا و همکاران (۴۱) مطابقت دارد. قلی‌زاده و همکاران (۱۷) گزارش کردند مرحله برداشت و بوجاری کردن غلات نیز می‌تواند میزان دیواره سلولی را تحت تأثیر قرار دهد. عمل‌آوری در تمام تیمارها به‌غیر از تیمار فلیک شده، سبب افزایش الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی شد. غلطک زدن با بخار باعث افزایش نیتروژن نامحلول در شوینده‌ی اسیدی (ADIN) و الیاف نامحلول در شوینده‌ی اسیدی دانه‌ی جو می‌شود که نشان دهنده تشکیل محصولات میلارد است (۱۳). مخمر ساکرومایسس سرویزیه می‌تواند رشد قارچ را بر دیواره‌ی سلول‌های گیاهی افزایش داده و با تشکیل کلنی‌های قارچی بر روی دیواره سلولی گیاهی منجر به افزایش هضم ماده خشک و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی شود و همچنین باعث افزایش هضم فیبر، افزایش میزان پروتئین خام و تجزیه الیاف نامحلول در شوینده‌ی خنثی گردد (۴۷).

مقدار کل مواد مغذی قابل‌هضم، انرژی خالص شیردهی و انرژی خالص رشد در همه تیمارهای عمل‌آوری شده در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). همچنین عمل‌آوری با مخمر ساکارومایسس سرویزیه باعث کاهش کربوهیدرات غیر الیافی و بخش محلول در شوینده‌ی خنثی شد.

نتایج مربوطه به تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری دانه‌ی ذرت بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری در جدول ۲ نشان داده شده است. تیمار ۶ از درصد تجزیه‌پذیری مؤثر پایین‌تری (۵۹/۲۰) برخوردار بود (P>۰/۰۵) بالاترین و پایین‌ترین مقدار بخش کند تجزیه یا بخش دارای پتانسیل تجزیه مربوط به تیمار ۶ (۶۳/۲۱ درصد) و ۲ (۵۲/۸۳) بود. همسو با نتایج تحقیق حاضر، صادقی و شورنگ (۳۸) گزارش کردند که استفاده از پرتوی مایکروویو در عمل‌آوری دانه‌ی جو، منجر به کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک گردید.

بخش دارای پتانسیل تجزیه تمام تیمارها به‌غیر از تیمار ۴ نسبت به تیمار ۱ از نظر عددی کاهش یافت. عمل‌آوری با مایکروویو باعث کاهش ثابت نرخ تجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر شد. فیمس و همکاران (۱۶) گزارش کردند که فلیک کردن باعث افزایش تجزیه-پذیری شکمبه‌ای دانه‌ی ذرت می‌شود، اما در دانه‌ی جو این اتفاق نمی‌افتد. در واقع، در گاو تغذیه شده با جو ورقه شده با بخار، میزان بروز آبسه‌های کبدی در مقایسه با گاوهای تغذیه شده با جوی غلطک زده‌ی خشک پایین‌تر بود (۲۰).

در این مطالعه عمل‌آوری با حرارت باعث افزایش بخش کند تجزیه، کاهش بخش سریع التجزیه و تجزیه‌پذیری مؤثر شد. همسو با نتایج این مطالعه، پیور و هیرستو (۳۶) گزارش کردند که که عمل-آوری حرارتی کنجاله‌ی کلزا، منجر به کاهش بخش سریع‌التجزیه و نرخ تجزیه‌پذیری ماده خشک می‌شود. علت کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک در اثر عمل‌آوری‌های حرارتی را می‌توان به افزایش پیوندهای کربوهیدرات-پروتئین در اثر واکنش قهوه‌ای شدن، کاهش حلالیت پروتئین در شکمبه و از بین رفتن محل‌های فعال اتصال باکتری‌های پروتئولیتیک شکمبه مربوطه دانست. به‌هرحال، سازوکار حفاظتی پروتئین‌ها از تجزیه شکمبه‌ای در خوراک‌های عمل-آوری شده توسط حرارت بسیار پیچیده است. ممکن است واکنش‌های شیمیایی (از قبیل واکنش میلارد) که در طول عمل‌آوری حرارتی ایجاد می‌شود، مسئول کاهش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای باشد. این واکنش‌ها باعث تبدیل پروتئین خوراک به ترکیباتی مقاوم به تجزیه در شکمبه می‌شوند (۳۹).

جدول ۱- تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری بر ترکیب شیمیایی دانه ذرت (برحسب درصد ماده خشک)[۱]

Table 1- Effect of different methods of processing on the Chemical composition of corn grain (DM)[1]

ترکیب شیمیایی Chemical composition	تیمارهای آزمایشی[۲] Experimental treatments[2]						SEM	P-Value
	1	2	3	4	5	6		
ماده خشک DM	91.21^{d}	87.67^{e}	92.93^{c}	98.70^{a}	97.49^{b}	99.35^{a}	1.012	<0.0001
ماده آلی OM	98.44^{cd}	98.67^{cb}	98.78^{b}	98.33^{d}	98.33^{d}	99.11^{a}	0.078	<0.0001
خاکستر Ash	1.56^{ab}	1.33^{bc}	1.22^{c}	1.67^{a}	1.67^{c}	0.89^{d}	0.274	<0.0001
پروتئین خام CP	9.63^{f}	9.80^{e}	10.16^{d}	11.38^{c}	11.91^{b}	12.26^{a}	0.005	<0.0001
چربی خام CF	4.14^{a}	3.91^{b}	3.80^{b}	3.52^{c}	2^{d}	1.81^{e}	0.030	<0.0001
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	14.40^{c}	11.80^{d}	14.20^{c}	17.80^{b}	19.60^{a}	15.60^{c}	0.333	<0.0001
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	3.2^{cd}	3.8^{cdb}	2.4^{d}	5.8^{a}	5^{ab}	4.5^{cab}	0.333	0.0143
کربوهیدرات غیرفیبری NFC	70.27^{b}	73.14^{a}	70.62^{b}	65.63^{c}	64.82^{c}	69.43^{b}	0.356	<0.0001
بخش محلول در شوینده خنثی NDS	85.60^{b}	88.20^{a}	85.80^{b}	82.20^{c}	80.40^{d}	84.40^{b}	0.333	<0.0001
کل مواد مغذی قابل‌هضم TDN (MJ/Kg)	79.28^{cab}	79.17^{cb}	80.61^{a}	78.35^{c}	79.33^{cab}	80.08^{ab}	0.256	0.0499
انرژی خالص شیردهی NE_L (MJ/Kg)	1.82^{ab}	1.82^{ab}	1.85^{a}	1.80^{b}	1.82^{ab}	1.84^{a}	0.006	0.0680
انرژی خالص رشد NEg (MJ/Kg)	1.29^{cb}	1.28^{cb}	1.33^{a}	1.26^{c}	1.29^{cb}	1.31^{ab}	0.007	0.0266

[۱] در هر ردیف میانگین‌های با حروف متفاوت از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

[1]Means within same row with different superscripts differ (P<0.05).

[۲] تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه‌ی ذرت بدون عمل‌آوری (شاهد)، ۲) دانه‌ی ذرت فلیک شده با بخار، ۳) دانه‌ی ذرت تخمیر شده با مخمر ساکارومایسس سرویزیه و فلیک شده، ۴) دانه‌ی ذرت مایکروویو شده، ۵) دانه‌ی ذرت فلیک و مایکروویو شده، ۶) دانه‌ی ذرت فلیک+مخمر+مایکروویو.

[2]Experimental treatments were: 1) unprocessing corn grain (control), 2) Steam-flaked corn grain, 3) yeast and steam-flaked corn grain, 4) microwaved corn grain, 5) yeast and microwaved corn grain 6) yeast, steam-flaked and microwaved corn grain.

جدول ۲- تأثیر روش‌های مختلف عمل‌آوری دانه ذرت بر فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری(درصد ماده خشک)

Table 2- Effect of different methods of corn grain processing on degradability parameters (% of DM)

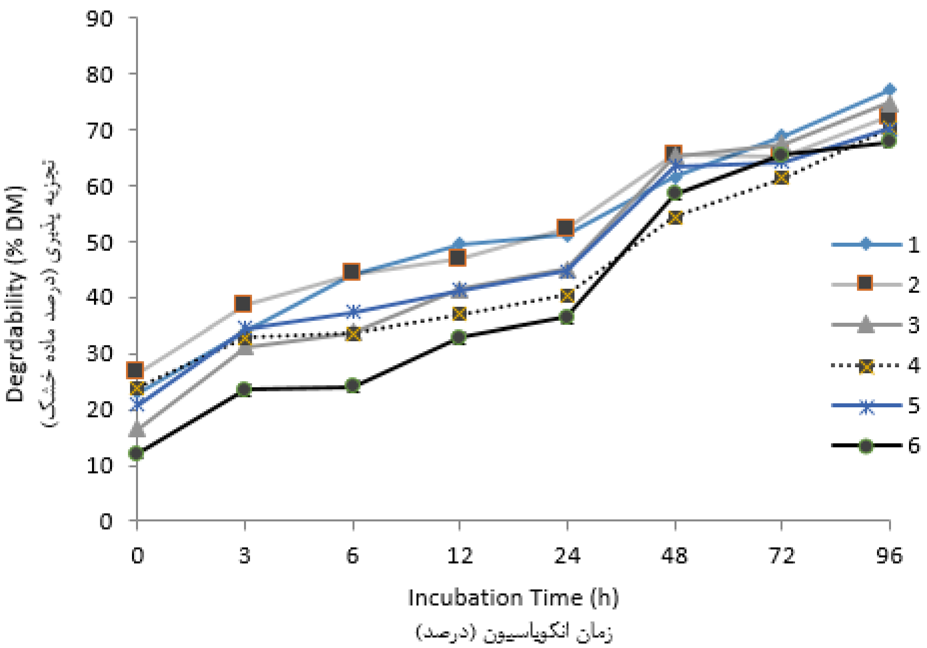
تیمارها Treatments	بخش سریع تجزیه quickly degradable fraction (a)	بخش کند تجزیه Slowly degradable fraction (b)	ثابت نرخ تجزیه constant rate of degradability of fraction b	a+b Potential Degradability	تجزیه‌پذیری مؤثر Effective degradability
1	41.66±4.44	56.77±8.66	0.027±0.012	98.43±3.15	68.48±4.03
2	40.58±2.38	52.83±3.75	0.034±0.007	93.41±4.9	68.63±4.08
3	35.23±4.30	59.76±7.08	0.032±0.012	94.99±6.01	66.15±3.10
4	42.17±3.66	60.42±12.42	0.015±0.011	102.60±5.12	62.08±3.01
5	40.06±4.18	53.099±10.07	0.023±0.013	93.16±4.3	63.52±3.5
6	31.42±6.09	63.21±11.83	0.023±0.016	94.63±4.8	59.20±2.9

عدم درج حروف معنی‌داری بیانگر عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها می‌باشد (p>0.05).

.(p>0.05) The lack meaningful letters signify the absence of significant difference between treatments

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه‌ی ذرت بدون عمل‌آوری (شاهد)، ۲) دانه‌ی ذرت فلیک شده با بخار، ۳) دانه‌ی ذرت تخمیر شده با مخمر ساکارومایسس سرویزیه و فلیک شده، ۴) دانه‌ی ذرت مایکروویو شده، ۵) دانه‌ی ذرت فلیک و مایکروویو شده، ۶) دانه‌ی ذرت فلیک+مخمر+مایکروویو.

Experimental treatments were: 1) unprocessing corn grain (control), 2) Steam-flaked corn grain, 3) yeast and steam-flaked corn grain, 4) microwaved corn grain, 5) yeast and microwaved corn grain 6) yeast, steam-flaked and microwaved corn grain.



شکل ۱– درصد تجزیه‌پذیری ماده خشک دانه ذرت عمل‌آوری به روش‌های مختلف

Figure 1- Dry matter degradability (%) of corn grain processed by different methods

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه‌ی ذرت بدون عمل‌آوری (شاهد)، ۲) دانه‌ی ذرت فلیک شده با بخار، ۳) دانه‌ی ذرت تخمیر شده با مخمر ساکارومایسس سرویزیه و فلیک شده، ۴) دانه‌ی ذرت مایکروویو شده، ۵) دانه‌ی ذرت فلیک و مایکروویو شده، ۶) دانه‌ی ذرت فلیک+مخمر+مایکروویو.

Experimental treatments were: 1) unprocessing corn grain (control), 2) Steam-flaked corn grain, 3) yeast and steam-flaked corn grain, 4) microwaved corn grain, 5) yeast and microwaved corn grain 6) yeast, steam-flaked and microwaved corn grain.

مشتقی نیا و اینگالس (۳۰) بیان کردند که حرارت دادن، از طریق فرآیند دناتوره شدن و واکنش میلارد (واکنش ایجادشده بین گروه آلدئید قند و گروه‌های آمینواسید آزاد پروتئین) سبب کاهش تجزیه‌پذیری پروتئین مواد خوراکی در شکمبه می‌گردند. از سوی دیگر، وورواگن و همکاران (۴۵) عنوان کردند که پیچ خوردن و دناتوره شدن پروتئین با حرارت موجب واسرشتگی پروتئین می‌شود و از این طریق سطح آب‌گریزی پروتئین را افزایش و بنابراین تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای پروتئین خام را کاهش می‌دهد. در بسیاری از مطالعات نشان داده‌شده است که حرارت دادن باعث کاهش تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین شکمبه‌ای شده و عمل‌آوری‌های حرارتی منابع پروتئینی مثل کنجاله سویا را روش مؤثری برای تغییر مقدار هضم شکمبه‌ای پروتئین خام، از طریق افزایش بخش غیر قابل هضم پروتئین در شکمبه عنوان کردند (۴). در عمل‌آوری‌های حرارتی باید به رطوبت نمونه‌ی مورد عمل‌آوری، دما و مدت زمان حرارت‌دهی توجه کرد؛ زیرا حرارت‌دهی بیش از حد، ممکن است باعث کاهش هضم پروتئین ماده‌ی خوراکی در روده شده و آن را از دستگاه گوارش خارج کند (۱۵).

با افزایش مقدار تخمیر نشاسته در شکمبه، مقدار اسیدهای چرب فرار بیشتری در شکمبه تولید می‌گردد که این عامل باعث بروز مشکلات گوارشی مانند اسیدوز تحت بالینی می‌شود (۴۷). گیونز و همکاران (۱۸) پیشنهاد کردند که روش‌های عمل‌آوری که باعث کاهش نرخ تجزیه‌پذیری دانه‌ی جو در شکمبه می‌گردند، در تغذیه نشخوارکنندگان مناسب‌تر هستند. با کاهش نرخ تجزیه‌پذیری شکمبه ای، مقدار عبور نشاسته به روده‌ی باریک بیشتر خواهد شد (۳۷). در این مطالعه، تیمار ۶ باعث کاهش بخش سریع التجزیه و افزایش بخش کند تجزیه شد. اوونز و همکاران (۳۵) گزارش کردند که هضم نشاسته در روده‌ی باریک ۴۲ درصد انرژی بیشتری برای دام در مقایسه با هضم نشاسته در شکمبه فراهم می‌کند. با کاهش تجزیه-پذیری مؤثر ماده خشک جو، امکان عبور نشاسته به روده‌ی باریک افزایش یافته و متعاقباً موجب بهبود بازده عملکرد یا تولید گاو می-گردد (۳۷).

کوپینگ و همکاران (۲۴) گزارش کردند که تغییر اندازه‌ی ذرات و ساختار دانه‌های غلات به‌واسطه عمل‌آوری، می‌توانند سبب تغییر دسترسی به نشاسته و پروتئین، خصوصیات تخمیری شکمبه، نرخ ماندگاری در شکمبه، دسترسی به منابع کربوهیدراتی و تغییر مکان هضم گردد. بنابراین، نوع عمل‌آوری عامل مهم و تأثیرگذاری بر

درصد ناپدید شدن ماده خشک و ماده آلی دانه‌ی جو و در نتیجه فراسنجه‌های تجزیه‌پذیری این غله می‌باشد.

آریلی و همکاران (۲) دریافتند که عمل‌آوری حرارتی دانه‌ی جو، تأثیری بر نرخ تجزیه شکمبه‌ای ماده خشک نداشته اما نرخ تجزیه‌پذیری نشاسته‌کاهش یافت. کنه و همکاران (۵) نیز گزارش کردند که فلیک کردن دانه‌ی جو نسبت به ورقه کردن خشک، تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک و نشاسته را کاهش می‌دهد. در مقابل مالکوم و کیسلینگ (۲۶) گزارش کردند که فلیک کردن دانه‌ی جو موجب افزایش تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک می‌گردد.

یفر و همکاران (۱۲) نشان دادند که استفاده از مایکروویو با دماهای مختلف، تجزیه‌پذیری ماده خشک را در شکمبه کاهش و قابلیت هضم شکمبه‌ای را افزایش می‌دهد. صادقی و همکاران (۳۹) اثرات پرتوتابی مایکروویو را بر تجزیه‌پذیری ماده خشک، پروتئین و نشاسته‌ی دانه‌ی جو مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که پرتوتابی با مایکروویو به مدت ۳ دقیقه باعث افزایش تجزیه‌پذیری نشاسته و بیشتر از ۵ دقیقه باعث کاهش نرخ و میزان تجزیه‌ی پروتئین و نشاسته می‌شود.

تیمارهای عمل‌آوری شده با مخمر ساکارومایسس سرویزیه باعث کاهش بخش سریع التجزیه شد که این کاهش می‌تواند به‌دلیل استفاده‌ی بیشتر مخمر از بخش محلول در آب دانه‌ی ذرت به‌منظور تأمین انرژی خود باشد. بخش کند تجزیه روندی مخالف با بخش سریع تجزیه را نشان داد. به این صورت که بخش کند تجزیه کاهش یافت. دلیل این کاهش احتمالا به خاطر استفاده‌ی مخمر از بخش دیواره سلولی دانه ذرت که تجزیه‌پذیری کندتری دارد می‌باشد. همچنین بین نمونه‌ها از نظر ثابت نرخ تجزیه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در موقع عمل‌آوری مواد خوراکی با مخمر، سیستم آنزیمی این میکروارگانیسم‌ها سبب شکستن پیوندهای شیمیایی در مواد کربوهیدراتی ساختمان مواد خوراکی می‌گردد. لذا از یک طرف مقدار الیاف خام در مواد خوراکی عمل‌آوری شده کاهش می‌یابد، اما از طرف دیگر، وجود دیواره سلولی مخمرها سبب می‌شود که در موقع تخمیر این مواد در شکمبه، مقدار بخش کند تجزیه را تا حدودی افزایش دهند (۳۳). ضریب تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک تحت تأثیر عمل‌آوری قرار نگرفت. نرخ عبور مواد از شکمبه تحت تأثیر مقدار خوراک مصرفی است، به‌طوری‌که با افزایش سطح مصرف خوراک، این مقدار نیز افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش نرخ عبور مواد از شکمبه سبب می‌شود که مدت زمان دسترسی میکروارگانیسم‌های شکمبه به مواد خوراکی نیز کاهش یافته و در نتیجه میزان تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در مواد خوراکی کاهش یابد (۳۳).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که روش‌های عمل‌آوری مورد استفاده در این پژوهش بر ترکیب شیمیایی دانه‌ی ذرت مؤثر بودند. همچنین با وجود عدم معنی‌داری تفاوت فراسنجه‌های مختلف تجزیه‌پذیری، کاهش بخش سریع‌التجزیه و افزایش بخش کند تجزیه در تیمار ۶ درخور توجه بود. با توجه به این نتایج می‌توان گفت که روش عمل‌آوری ترکیبی (فلیک+مخمر+مایکروویو) می‌تواند روش مناسب‌تری نسبت به روش‌های فیزیکی برای عمل‌آوری دانه‌ی ذرت برای تغذیه نشخوارکنندگان باشد.

منابع

1- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA. 770 Pages.

2- Arieli, A., I. Bruckental, O. Kedar, and D. Sklan. 1995. *In Sacco* disappearance of starch nitrogen and fat in processed grains. Animal Feed Science and Technology, 51: 287-295.

3- Broderick, G. A. and W. M. Craig. 1980. Effect of heat treatment on ruminal degradation and escape, and intestinal digestibility of cottonseed meal protein. Journal of Nutrition, 110: 2381-2389.

4- Canbolat, O., A. Kamalak, E. Efe, M. Sahin, and C. O. Ozkan. 2005. Effect of heat treatment on in situ rumen degradability and *in vitro* gas production of full-fat soyabeans and soyabean meal. Animal Feed Science and Technology, 138: 143-148.

5- Cone, J. W., W. Cline-Theil, A. Malestein, and A. T. Van't Klooster. 1989. Degradation of starch by incubation with rumen fluid. A comparison of different starch source. Journal of the Science of Food and Agriculture, 49: 173-183.

6- Cooke, K. M., J. K. Bernard, and J. W. West. 2009. Performance of lactating dairy cows fed ryegrass silage and corn silage with ground corn, steam-flaked corn, or hominy feed. Journal of Dairy Science, 92: 1117-1123.

7- Corona, L., S. Rodriguez, R. A. Ware, and R. Zinn. 2005. Comparative effects of whole, ground, dry-rolled, and steam flaked corn on digestion and growth performance in feedlot cattle. The Professional Animal Scientist, 21

8- (3): 200-206.

9- Croka, D. C. and D. G. Wagner. 1975. Micronized sorghum grain. I. Influence on feedlot performance of cattle. Journal of Animal Science, 40: 924-930.

10- Dadvar, P., O. Diani, and M. R. Mohmmadabadi. 2011. Determine the nutritional value of citrus pulp (lemon and orange) processing with yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Journal of animal science research, 21:2

11- Day, C. N., and R. O. Moravicki. 2018. Effects of fermentation by yeast and amylolytic lactic acid bacteria on grain sorghum protein content and digestibility. Journal of Food Quality, 141:8-17.

12- Dehghan-Banadaky, M., R. Corbett, and M. Oba. 2007. Effects of barley grain processing on productivity of cattle. Animal Feed Science and Technology, 137: 1-24.

13- Dhiman, T. R., M. S. Zaman, I. S. MacQueen, and R. L. Boman. 2002. Influence of corn processing and frequency of feeding on cow performance. Journal of Dairy Science, 85: 217-226.

14- Engstrom, D. F., G. W. Mathison, and L. A. Goonewardene. 1992. Effect of glucan, starch, and fiber content and steam vs. dry rolling of barley grain on its degradability and utilization by steers. Animal Feed Science and Technology, 37: 33-46.

15- Fakhouri, M. O. and H. S. Ramaswamy. 1993. Temperature uniformity of microwave heated foods as influenced byproduct type and composition. Food Research International, 26:89-95.

16- Fathi Nasri, M. H., M. Danesh Mesgaran, R. Valizadeh, A. Nikkhah, M. R Emami, and A. R. Heravi Mousavi. 2006. Effect of heating (roasting) on chemical composition, nitrogen fractions, degradability coefficients and ruminal – intestinal disappearance of dry matter and crude protein of two varieties (Sahar and Williams) of whole soybean grain. Agricultural Science and Technology, 20: 22-35. (In Persian).

17- Fiems, L. O., B. G. Cottyn, C. V. Boucque, J. M. Vanacker, and F. X. Buysee. 1990. Effect of grain processing on *in sacco* digestibility and degradability in the rumen. Archives Animal Nutrition. 40: 713-721.

18- Gholizadeh, H., A. A. Naserian, R. A. Valizadeh, and M. Tahmasbi. 2017. Study of Carbohydrate and Protein Fractions in Different Barley Cultivars Using Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) Iranian Journal of Animal Science Research, 8: 541-552. (In Persian).

19- Givens, D. I., P. Clark, D. Jacklin, A. R. Moss, and C. R. Savery. 1993. Nutritional aspects of cereal by-products and cereal straw for ruminants. HGCA Research review, Home-grown Cereals Authority, Hamlyn House, Highgate Hill, London, UK. 24:1-180.

20- Golabi, M., M. Tavassoli, I. Nahvi, and M. Mobini Dehkordi. 2011. The Study of CO_2 Production and Growth Rate in Suitable Industrial Strains of *Saccharomyces cerevisiae* for Production of Baker's Yeast. Iranian Journal of Food Science and Technology, 8 (30): 35-44. (In Persian).

21- Grimson, R. E., R. D. Weisenburger, J. A. Basarab, and R. P. Stilborn. 1987. Effects of barley volume-weight and processing method on feedlot performance of finishing steers. Canadian Journal Animal Science, 67:43-53.

22- Herrera-Saldana R. E., J. T. Huber, and M. H. Poore. 1990. Dry matter, crude protein and starch degradability of five cereal grains. Journal of Dairy Science, 73: 2386-2393.

23- Kaasova, J., B. Hubackova, P. kadlec, J. Prihoda, and Z. Bubnik. 2002. Chemical and biochemical changes during microwave treatment of wheat. Journal of czech food sciences, 20: 74-78.

24- Kadlec, P., J. Kaasova, J. Dostalova, M. Zatopkova, V. Hosnedl, and J. Hrachovinova. 2002. Microwave treatment on drying of germinated pea. Czech Journal of Feed Science, 20: 23-30.

25- Koenig, K., K. Beauchemin, and L. Rode. 2003. Effect of grain processing and silage on microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based diets. Journal of Animal Science, 81: 1057-1067.

26- Lewandowicz, G., T. Jankowsk, and J. Fornal. 2000. Effect of microwave radiation on physic-chemical properties and structure of cereal starches. Carbohydrate Polymers, 42: 193-199.

27- Malcom, K. J., and H. E. Kiesling. 1993. Dry matter disappearance and gelatinization of grains as influenced by processing and conditioning. Animal Feed Science and Technology, 40: 321-330.

28- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F.D. Greenhalgh, C. A. Morgan, and L. A. Sinclair. 2001. Animal nutrition. 7th ed. 715 pages.

29- Mehrabani, A., T. Ghoorchi, and S. E. Razavi. 2015. Determining the amount of chitin and degradation of dry matter and cell wall in treated rapeseed straw by white rot fungus trametes versicolor. Journal of animal and poultry reserch, 4(2): 51-61. (In Persian).

30- Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, and W. Schneider. 1979. The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuff from the gas production when they incubated with rumen liquor *in vitro*. Journal of Agricultural Science, 92: 183-189.

31- Moshtaghi Nia, S. A., and J. R. Ingalls. 1995. Influence of moist heat treatment on ruminal and intestinal

disappearance of amino acids from rapeseed meal. Journal of Dairy Science, 78: 1552-1560.

32- NRC. 2001. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 7th rev. ed. Natl. Acad. Prees, Washington, DC.

33- Offner, A., A. Bach, and D. Savant. 2003. Quantitative review of *in situ* starch degradation in the rumen. Animal Feed Science and Technology, 106: 81-93.

34- Orskov, E. R. 1992. Protein nutrition in ruminants (1st Ed.). United State: Academic Press, INC, San Diego.

35- Ørskov, E. R., and L. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage. Journal of Agricultural Science (Cambridge), 92: 499-503.

36- Owens, F. N., R. A. Zinn, and Y. K. Kim. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. Journal Animal Science, 63: 1634-1648.

37- Pfeffer, E. and A. N. Hristov. 2005. Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle: Reducing the Environmental impact of cattle operation. CABI. Wallingford, UK. 146 (02): 235-236.

38- Reynolds, C. K., J. D. Sutton, and D. E. Beever. 1997. Effects of feeding starch to dairy cattle on nutrient availability and production. Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press,UK.

39- Rooney, L. W., and Pflugfelder, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghumand corn. Journal Animal science, 63: 1607-1623.

40- Sadeghi, A. A., and P. Shawrang. 2008. Effects of microwave irradiation on ruminal dry matter, protein and starch degradation characteristics of barley grain. Animal Feed Science and Technology, 141:184-194.

41- SAS Institute. 2000. SAS/STAT user's guide. SAS Institute Inc, Cary.

42- Scerra, V., A. Caridi, F, Foti, M. C. Sinatra, and P. Caparra. 2000. Changes in chemical composition during the colonization of citrus pulps by a dairy Penicillium roquefortii strain. Bioresource Technology, 72:197-198.

43- Sepehri moghaddam, H., H. Nasiri Moghaddam, and M. Danesh Mesgran. 2008. Use of different levels of soybean seedsheat on the performance of broiler chicks. page. 61. (In Persian).

44- Shojaosadati, S. A., R. Faraidouni, A. Madadi-Nouei, and I. Mohamadpour. 1999. Protein enrichment of lignocellulosic substrates by solid state fermentation using *Neurospora sitophila.* Resource Conservation and Recycling, 27:73-87

45- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74:3583-3598.

46- Voragen, A. G. J., H. Gruppen, G. J. P. Marsman, and A. J. Mul. 1995. Effect of some manufacturing technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, UK, 274 page.

47- Wang, Y., and T. McAllister. 2000. Grain processing for ruminants: Latest technologies, Processing. 21st West. Nutria. Conf., Winnipeg, MB, Canada. Pp: 39-55.

48- Williams, P. E. V., C. A. G. Tait, G. M. Innes, and C. j. Newbeld. 1991. Effects of the inclusion of yeast culture (*Sacharomyces cervisiac* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. Journal animal science, 69: 3015-3026.

49- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, B. I. Farr, and L. M. Rode. 1997. Comparison of Barley, HullI less Barley, and Corn in the Concentrate of Dairy Cows. Journal of Dairy Science, 80 (11): 2885-2895.

50- Zhong, R. Z., J. G. Li, Y. X. Gao, Z. L. Tan, and G. P. Ren. 2008. Effects of substitution of different levels of steam-flaked corn for finely ground corn on lactation and digestion in early lactation dairy cows. Journal of Dairy Science, 91:3931-3937.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 12, No. 1, Spring 2020, p. 35-45

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۴۵-۳۵

The Effect of Different Processing Methods (Physical and Biological) on Chemical Composition and Ruminal Degradability of Corn Grain

Hossein Asghar Hossein zadeh[1], Fariba Farivar[2*], Javad Bayat Kouhsar[2], Farzad ghanbari[2]

Received: 12-01-2019
Accepted: 29-05-2019

Introduction: Cereal gains are important source of energy in livestock diet due to high amount of starch they store in their endosperm, but there is a paradox in grains nutrition in ruminants. Without processing, most of grains, specially corn and sorghum, starch will not be effectively digested, but most of processing methods can increase starch degradability in rumen and therefore increase acidosis risk. The dynamic of starch fermentation in rumen is an important indicator of nutritional value of cereal grain in ruminants nutrition. Due to reduced loss of methane and heat, available energy supply for the animal is greater when starch digested in the small intestine compared to starch fermented in either the rumen or large intestine. Several chemical and physical methods are commonly used for feed processing; however, chemical processing methods have been criticized recently because of toxic chemical remnants. Physical methods such as grinding, rolling, steam flacking and newly microwave irradiation are commonly used for grain processing. Among these, steam flacking and microwave irradiation have been considered as the most favorite methods for horse and ruminants. Steam flacking can increase starch availability and therefore the rate of degradation in rumen, but microwave irradiation has the reverse effect, so that overall degradability and digestibility of starch will be decreased. Yeasts have been used in human food processing for a long time, but recently it has been received considerable attention as a potential method of animal feed processing method. Every processing method will affect the extent and location of starch digestion in a different way, but for ruminant nutrition, the aim of all methods should be to optimize the place and amount of starch digestion in the different parts of digestive tract, so that both the rumen fermentation and intestinal digestion have optimum rate and host animal can achieve the most effective rumen microbial growth and also high glucose absorption in small intestine. None of processing methods can show such a combined effect itself. Therefore, this study was conducted to investigate the effects of different combinations of physical and biological methods of processing on chemical composition and rumen degradability parameters of corn grain.

Materials and Methods: This experiment was carried out in a completely randomized design with six treatments, each with three replicates. Experimental treatments includes: 1) un-processing corn grain (control), 2) Steam-flaked corn grain, 3) yeast treated and then steam-flaked corn grain, 4) microwaved (850 W for 3 minutes) corn grain, 5) yeast treated and then microwaved corn grain 6) yeast treated, steam-flaked and then microwaved corn grain. In order to treat with yeast, corn grains were mixed with solution of 4 percent yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in a 2:1 ratio and then incubated in 35°C for 24 h. Dry matter, organic matter, crude protein and crude fat were determined using AOAC standard methods, and NDF and ADF was determined. Dry matter degradability of samples was determined using nylon bag technique. Samples were placed in the polyester bags and incubated for 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, and 96 h in the rumen of three mature Dalagh rams. Degradability parameters were estimated using non-linear model and all data were finally analysed using SAS (9.1) statistical software.

Results and Discussion: Results of this experiment showed that type of processing method had significantly effects on chemical composition. Processing methods including microwave irradiation increased dry matter, organic matter, crud protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, total digestible nutrients, and decreased the amounts of ether extract, non-fiber carbohydrates and neutral detergent soluble fraction of corn grain.

1- Former MSc. Student of Animal Science Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University.
2- Assistant Professors, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University.
(*- Corresponding Author Email: fariba_farivar@yahoo.com)
DOI:10.22067/ijasr.v12i1.78492

treatment have no significant effect on dry matter degradability of corn grain, however, methods including yeast treatment especially the combination of yeast, flaking and microwave methods caused a non-significant reduction in the effective degradability and rapidly degradable fraction and also an increase in slowly degradable fraction of corn grain. Both of non-combined methods (steam flacking or microwave irradiation) caused a reduction in slowly degradable fraction of corn grain. The highest amounts of rapidly degradable fraction were also observed in these two treatments.

Conclusion: The results of this study demonstrated a significant effect of different processing methods on chemical composition of corn grain and had considerable effects on rumen dry matter degradability. Based on these results, it can be concluded that wet or dry heat processing methods are not appropriate processing methods of corn grain for ruminants nutrition, whereas combination of yeast treatment with steam flacking and microwave irradiation can be considered as the most appropriate methods.

Keywords: Corn grain, Microwave, Processing, Ruminal degradability, *Saccharomyces cerevisiae*